

Eficiência hídrica na obra da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho da Universidade Federal Rural de Pernambuco

Water efficiency in the construction of the Academic Unit of Cabo de Santo Agostinho of the Federal Rural University of Pernambuco

Eficiencia hídrica em la obra de la Unidad Académica del Cabo de Santo Agostinho de la Universidad Federal Rural de Pernambuco

Recebido: 18/08/2022 | Revisado: 29/08/2022 | Aceito: 01/09/2022 | Publicado: 10/09/2022

Ângelo Magno Freitas Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8242-9529>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: eng.angelocosta@hotmail.com

Romildo Morant de Holanda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7945-3616>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: romildo.morant@ufrpe.br

Raimundo Mainar de Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7361-1281>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: mainarmedeiros@gmail.com

Fernanda Wanderley Corrêa de Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1316-1826>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: fernanda.wanderley@ufrpe.br

Karina Paula Barbosa de Andrade Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4387-945X>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: karinandradelima@gmail.com

Jackson José dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7118-4551>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: jacksonjosesantos@hotmail.com

Felipe Bezerra de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7576-5321>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: felipelimafbl@hotmail.com

José Henrique da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4321-5816>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: josehenrique_s@outlook.com

Resumo

O Cabo de Santo Agostinho é localizado em área de precipitações pluviais abrangentes, o que torna a Unidade Acadêmica da Universidade Federal Rural de Pernambuco capaz de alcançar a sua eficiência hídrica pelo uso da água da chuva. Esse trabalho objetiva avaliar a eficiência hídrica pela captação de águas pluviais e reuso de efluente na unidade. Foram realizados levantamentos de dados pluviométricos no município do Cabo de 1987 a 2017 com a base histórica da Agência Pernambucana de Águas e Clima e a análise das séries de dados de precipitação através do software ClimAp 3.0. O consumo de água durante a operação da unidade foi obtido mediante consulta ao memorial descritivo da obra, seguido pelo cálculo da estimativa de consumo através da caracterização dos aparelhos sanitários junto aos fabricantes. As projeções de telhados identificadas em planta foram utilizadas para calcular as áreas cobertas das edificações. As precipitações no município foram consideradas elevadas, com média de 1.863,4mm durante o intervalo avaliado. O consumo das descargas é de 63,15% do consumo total de água da unidade. A quantidade de área verde observada faz com que o consumo de águas não potáveis ultrapasse a disponibilidade, necessitando o uso de água potável para os meses mais secos. A eficiência hídrica total para as águas não potáveis e suas aplicações legais foi alcançada ao longo do ano, mesmo nos dias menos chuvosos, ratificando que a captação das águas da chuva e as condições de armazenamento são fundamentais para a eficiência hídrica em edificações.

Palavras-chave: ClimAp; Precipitação; Reuso.

Abstract

Cabo de Santo Agostinho is located in an area of extensive rainfall, which makes the Academic Unit of the Federal Rural University of Pernambuco capable of achieving its water efficiency through the use of rainwater. This work aims to evaluate the water efficiency by the reception and reuse of rainwater in the unit. A survey of rainfall data was carried out in the municipality of Cabo from years 1987 to 2017 with the historical base of the Pernambuco Water and Climate Agency and the analysis of the precipitation data series used the ClimAp 3.0 software. The water consumption during the unit's operation was obtained by consulting the descriptive memorial of the building, followed by the calculation of the consumption estimate through the characterization of the sanitary appliances with the manufacturers. The roof projections identified in the blueprint plan were used to calculate the covered areas of the building. Precipitation in the municipality was considered high, with an average of 1,863.4 mm during the evaluated interval. The consumption of flushes is 63.15% of the unit's total water consumption. The amount of green area observed causes the consumption of non-potable water to exceed availability, requiring the use of potable water for the driest months. Total water efficiency for non-potable water and its legal applications was achieved throughout the year, even on less rainy days, confirming that rainwater harvesting and storage conditions are essential for water efficiency in buildings.

Keywords: ClimAp; Precipitation; Reuse.

Resumen

Cabo de Santo Agostinho está ubicado en una zona de abundantes precipitaciones, lo que hace que la Unidad Académica de la Universidad Federal Rural de Pernambuco sea capaz de lograr su eficiencia hídrica a través del aprovechamiento del agua de lluvia. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la eficiencia hídrica mediante la captación de agua de lluvia y reutilización de efluentes en la unidad. Se realizaron levantamientos de datos de precipitación en el municipio de Cabo desde 1987 hasta 2017 con la base histórica de la Agencia de Agua y Clima de Pernambuco y el análisis de la serie de datos de precipitación a través del software ClimAp 3.0. El consumo de agua durante el funcionamiento de la unidad se obtuvo mediante la consulta de la memoria descriptiva de la obra, seguida del cálculo de la estimación del consumo a través de la caracterización de los aparatos sanitarios con los fabricantes. Las proyecciones de techo identificadas en el plano se utilizaron para calcular las áreas cubiertas de los edificios. La precipitación en el municipio fue considerada alta, con un promedio de 1.863,4 mm durante el intervalo evaluado. El consumo de descargas es el 63,15% del consumo total de agua de la unidad. La cantidad de área verde observada provoca que el consumo de agua no potable exceda la disponibilidad, requiriendo el uso de agua potable para los meses más secos. La eficiencia total del agua para agua no potable y sus aplicaciones legales se logró durante todo el año, incluso en los días menos lluviosos, lo que confirma que las condiciones de recolección y almacenamiento de agua de lluvia son esenciales para la eficiencia hídrica en los edificios.

Palabras clave: ClimAp; Precipitación; Reutilizar.

1. Introdução

A construção civil é uma indústria importante para o desenvolvimento econômico e social do Brasil, entretanto é considerada como grande geradora de impactos ambientais (Brasileiro & Matos, 2015). A construção civil consome 34% do fornecimento mundial de água, gera de 35% a 40% de todo resíduo produzido na atividade humana, além do consumo elevado energia e madeira (Chueke, 2016; Conselho Brasileiro de Construção Sustentável [CBCS], 2014). Assim, medidas de redução de impactos ao meio ambiente são almejadas pelas edificações, fortalecendo o emprego de ações preventivas focadas em gestão ambiental alinhadas as variáveis econômicas, sociais e tecnologias (Marinoski & Ghisi, 2018).

Segundo os autores Baptista Junior e Romanel (2013), é na concepção e na elaboração do projeto que devem ser criteriosamente estudados as técnicas de sustentabilidade de forma a minimizar o impacto ambiental da construção e assegurar níveis adequados de sustentabilidade, de modo que, as construções devem ser concebidas e planejadas a partir de várias premissas norteadas pelo aumento da eficiência na utilização dos recursos naturais.

As ações sustentáveis em obras vão desde a aquisição de insumos extraídos ou fabricados de forma a reduzir os impactos ambientais à utilização de tecnologias ambientais visando à racionalização de energia e água com ambientes confortável termicamente e acusticamente (Instrução Normativa n. 01, 2010). Ocorrendo a incorporação nos processos construtivos de tecnologias como a automação da iluminação (redução de consumo de energia), uso de usina fotovoltaica

(alternativa de energia limpa e renovável), sistema de reuso de água (redução de consumo de água) e de tratamento de efluentes gerados e aproveitamento da água da chuva (Silva, 2013).

A aplicação dos critérios de sustentabilidade em obras pública, como no caso da construção da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) é uma exigência legal por meio da lei Federal n. 12.462 de 4 de agosto de 2011, proporcionando a aplicação de ações ambientais por meio de políticas públicas (Lei n. 12.462, 2011).

Um dos critérios de sustentabilidade bastante discutido é o reuso da água, seja por captação de água da chuva ou por reutilização dos efluentes de estação de tratamento, o emprego dessas águas pode ser suficiente em determinados tipos de obras, garantindo a eficiência hídrica do empreendimento (Oliveira, 2017). O município do Cabo de Santo Agostinho é localizado em área de precipitações pluviais abrangentes ao longo do ano, o que torna a UACSA com capacidade de alcançar em parte a sua eficiência hídrica pelo reuso da água da chuva (Assis, 1999).

Os impactos ambientais quanto ao consumo de recursos naturais pelas edificações ocorrem desde a fase de projeto, construção ao longo do uso, manutenção e na etapa de demolição, considerando características técnicas, éticas, sociais e ambientais (Degani & Cardoso, 2002).

O consumo de água para o uso de vaso sanitário pode chegar a 40% do consumo total das residências nos Estados Unidos, Suíça, Colômbia e Reino Unido. No Brasil, o consumo para as descargas fica na ordem de 30% (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo [SABESP], 2003). Complementando, Lima (2010), comenta que os principais consumos de água em uma residência são os chuveiros e bacias sanitárias, os quais juntos representam 59%.

No tocante a contratações de obras federais por Regime Diferenciado de Contratação (RDC) foi instituída a Lei Federal n. 12.462 de 4 de agosto de 2011, pela busca da maior vantagem para a administração pública, considerando custos e benefícios, diretos e indiretos, de natureza econômica, social ou ambiental, inclusive os relativos à manutenção, ao desfazimento de bens e resíduos, ao índice de depreciação econômica e outros fatores de igual relevância (Lei n. 12.462, 2011).

Como diretrizes propostas pela Instrução Normativa n. 1 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, quanto ao uso da água para as edificações, tem-se o emprego do sistema de medição de consumo de água, a aplicação de sistema de reuso de água e de Estação de Tratamento de Efluente (ETE) e o aproveitamento da água da chuva, com redes de captação, transporte e armazenamento (Instrução Normativa n. 01, 2010).

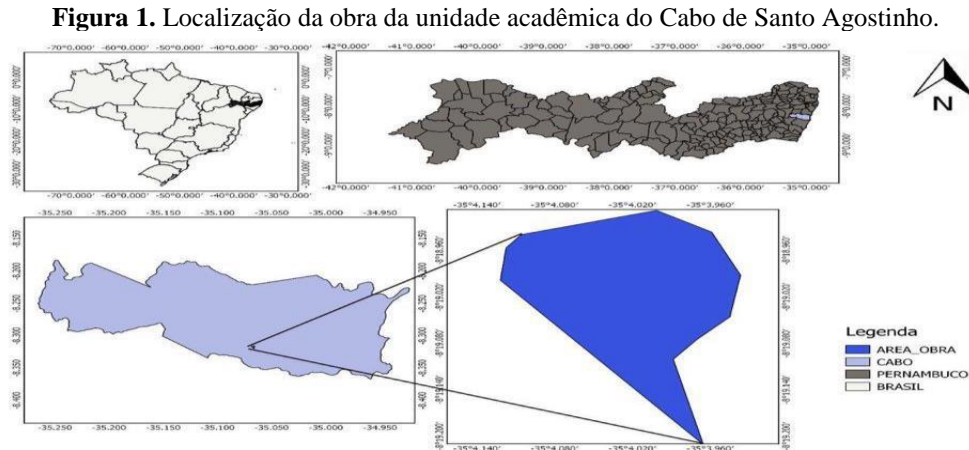
Alves (2015) define o conceito de eficácia hídrica na utilização da água como a medição do modo otimizado da utilização da água, se traduzindo nos objetivos definidos que são realmente cumpridos, buscando soluções que permitam aumentar a economia de água nos edifícios. Descreve-se como eficiência hídrica a otimização do consumo de água assegurando o uso do volume mínimo (Lima, 2010).

A eficiência hídrica deve orientar-se em, reduzir os consumos, reduzir os desperdícios e reaproveitar a água usada (Alves, 2015). Lima (2010) comenta que uma das formas de aumentar a eficiência é prever na concepção dos projetos medidores individuais, dispositivos economizadores, e projetar a captação de águas pluviais e de sistema de reuso, provocando a redução de 3% a 29% no consumo. Os novos aparelhos de descargas podem funcionar com 3 ou 6 litros por descarga diferente dos dispositivos ativos que atuavam com 20 litros (Deca, 2017).

Tem-se como objetivo avaliar a eficiência hídrica pela captação de águas pluviais e pelo reuso do efluente na Unidade Acadêmica da Universidade Federal Rural de Pernambuco no Cabo de Santo Agostinho.

2. Metodologia

Cabo de Santo Agostinho localiza-se na mesorregião Metropolitana e na Microrregião Suape do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Moreno e Jaboatão dos Guararapes, a sul com Ipojuca e Escada, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com Vitória de Santo Antão. A sede do município tem uma altitude de 29 metros e coordenadas geográficas: 08°17' de latitude sul e 35°02' de longitude oeste (Figura 1) (Medeiros et al., 2006).



O relevo do Cabo de Santo Agostinho faz parte da unidade das Superfícies Retrabalhadas que é formada por áreas que têm sofrido retrabalho intenso, com relevo bastante dissecado e vales profundos. Na região litorânea de Pernambuco e Alagoas, é formada pelo “mar de morros” que antecede a Chapada da Borborema, com solos pobres e vegetação de floresta hipoxerófila.

Cabo de Santo Agostinho encontra-se inserido nos domínios do Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos. Seus principais tributários são os Rios: Gurjaú, Jaboatão, Araribá, Pirapora, Cajabuçu, Jasmim e Arrombados, além dos riachos: das Moças, Contra Açude, do Cafofo, Noruega, Santa Amélia, Utinga de Cima e de Baixo, Algoduais e o Arroio Dois Rios. Os principais corpos de acumulação são os açudes Pirapama, Sicupema, Represa Gurjaú, Cotovelo e Água Fria, e a Lagoa do Zumbi. O município é banhado a leste pelo Oceano Atlântico. Todos os cursos d’água na área de estudo têm regime de escoamento perene e o padrão de drenagem é o dendrítico.

Os sistemas atmosféricos, que influencia e/ou inibem a precipitação na UACSA, são os Distúrbios Ondulatórios de Leste, Brisas, Ondas de Leste, Ventos Alísios de Sudeste, Zona da Convergência Intertropical, Linhas de Instabilidade. A Zona da Convergência Intertropical abrange a área de estudo, principalmente no outono, e ocasiona chuvas de intensidades moderadas a fortes. As formações dos sistemas de Vórtices Ciclones de Altos Níveis quando de suas formações nos meses de fevereiro a abril e com suas bordas sobre o Nordeste Brasileiro em especial acima do estado do Pernambuco aumenta a cobertura de nuvem e provocam chuvas em curto intervalo de tempo, causando prejuízo às comunidades como alagamento, enchentes, inundações e ao setor socioeconômico, no período seco a precipitação registrada é causada pelas contribuições regional e local com precipitações isoladas (Medeiros, 2017).

Segundo a classificação climática de Köppen e Geiger (1928), o clima é do tipo “As”, tropical chuvoso, com verão seco. Esta classificação está de acordo com Alvares, Stape, Sentelhas, Gonçalves e Sparovek (2013).

Os dados pluviométricos foram agrupados caracterizando um período de normal climatológica para 1987-2017 onde, empregaram-se do software em planilhas eletrônicas, para extrair os valores das médias mensais, anuais, plotando os seus respectivos gráficos e tendências. Os referidos dados foram fornecidos pela Agencia de Água e Clima do Estado de

Pernambuco (APAC). Os dados trabalhados foram da sede municipal e dos seus entornos, visto que não se tinha uma série de 30 anos completa para a realização do estudo, para tanto se gerou a respectiva série utilizando do método do preenchimento de falhas pelo método da Média Ponderada pelo o Inverso da Distância ao Quadrado seguidamente da homogeneização e suas consistências.

A UACSA, destinada aos cursos da área de engenharia e tecnologia, composta de 25 edificações, dispostas em uma área de cerca de 20 hectares, totalizando uma área construída de 153.910,13 m². Sua execução está dividida em etapas, na qual a primeira teve início no ano de 2014 e tem previsão de término para o segundo semestre de 2018 (Figura 2).

Figura 2. Maquete física da Unidade Acadêmica de estudo.



Fonte: Autores (2018).

O estudo ocorreu na UACSA na fase de projeto e de execução no período de março de 2016 a dezembro de 2017 (Figura 3). A obra contempla uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE) com eficiência de tratamento em 80%, com duas torres de reservatório com compartimentos inferiores e superiores com 50 metros de altura, com 21 prédios e demais infraestrutura, com 40.000m² de área vegetada com irrigação. Nesse estudo não foram consideradas as águas para reserva de incêndio.

Figura 3. Desenvolvimento da obra em setembro de 2017.



Fonte: Autores (2018).

2.1 Aquisição, diagnóstico e análise dos dados pluviométricos do município do Cabo de Santo Agostinho

Realizou-se levantamento e análise de dados a partir de estações pluviiais para o período de 1987 a 2017, fornecido pela APAC. Para as análises das séries utilizou-se o software ClimAp 3.0 (Salvador, 2017). Dessa forma, calculou-se as médias mensais, trimestrais e anual e sua análise de tendência.

2.2 Cálculo do consumo de água

Para o dimensionamento do consumo da UACSA, se fez necessária a estimativa de usuários e o consumo per capita (Credter, 2006) (Tabela 1). A estimativa de usuários foi coletada no edital de licitação Regime Diferenciado de Contratação nº 01/2013 (UFRPE, 2013).

Tabela 1. Consumo de água per capita.

Prédio	Consumo (litros)
Alojamentos provisórios	80 per capita
Casas populares ou rurais	120 per capita
Residências	150 per capita
Apartamentos	200 per capita
Hotéis (sem cozinha e lavanderia)	120 por hóspede
Hospitais	250 por leito
Escolas - internatos	150 per capita
Escolas – externatos	50 per capita
Quartéis	150 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita
Escritórios	50 per capita
Cinemas e teatros	2 lugar
Templos	2 lugar
Restaurantes e similares	25 por refeição
Garagens	50 por automóveis
Lavanderias	30 por kg de roupa seca
Mercados	5 por m ³ de área
Matadouros – animais de grande porte	300 por cabeça abatida
Matadouros – animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida
Fábricas em geral (uso pessoal)	70 por operário
Posto de serviços para automóvel	150 por veículo
Cavalariças	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m ²

Fonte: Credter (2006).

Kammers e Ghisi (2006), ao estudarem o consumo per capita para os dez edifícios públicos em Florianópolis (SC), encontram uma média de 36,7 litros/pessoa por dia.

2.3 Cálculo de estimativa de consumo de água de reuso

Para a estimativa do consumo de água de reuso foi necessário identificar as características dos aparelhos sanitários, a frequência e o tempo com que os mesmos são utilizados. Esses dados são necessários para que seja feita a estimativa do consumo médio de água para cada tipo de aparelho sanitário, e desta forma seja verificada a demanda de água em usos com fins não potáveis, determinando o potencial de economia que pode ser gerado através do uso de água pluvial.

2.4 Área de cobertura para captação de águas pluviais

As áreas de cobertura das edificações foram calculadas por meio das projeções do prédio em planta. Ainda, para o dimensionamento da capacidade de reserva, considera-se o tipo e inclinação do telhado (Oliveira, 2017).

2.5 Cálculo da estimativa de captação de águas pluviais

A área de captação de água pluvial é dada, segundo a NBR 10844 (Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT], 1989), pela soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação representada pela projeção horizontal da cobertura da edificação.

O volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Uma parte da água de chuva que cai sobre a superfície de captação perde-se por evaporação, retenção, limpeza do telhado etc. (Oliveira, 2017). Portanto, no cálculo do volume de água que pode ser aproveitado, usa-se o coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de Runoff (C), que representa o quociente entre a água que escoar superficialmente pela área de captação do total de água precipitada (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficiente de Runoff utilizado por Tucson e Phoenix.

MATERIAL	MÁXIMO	MÍNIMO
Telhado: metal, cascalho, asfalto, fibra de vidro	0,95	0,90
Pavimentação: concreto, asfalto	1,00	0,90
Solo: com vegetação	0,75	0,20
sem vegetação	0,60	0,10
Gramado: com solo arenoso	0,10	0,05
com solo barrento	0,17	0,13

Fonte: May (2004).

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007) o cálculo da capacidade de captação é realizado através da seguinte equação.

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de captação}$$

Onde:

V - Volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável em litros;

P - é a precipitação média anual, mensal ou diária em mm;

A - é a área de captação em m²;

C - é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (runoff);

η fator de captação - é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio de escoamento inicial, caso seja utilizado, considerado como 100% nesse estudo.

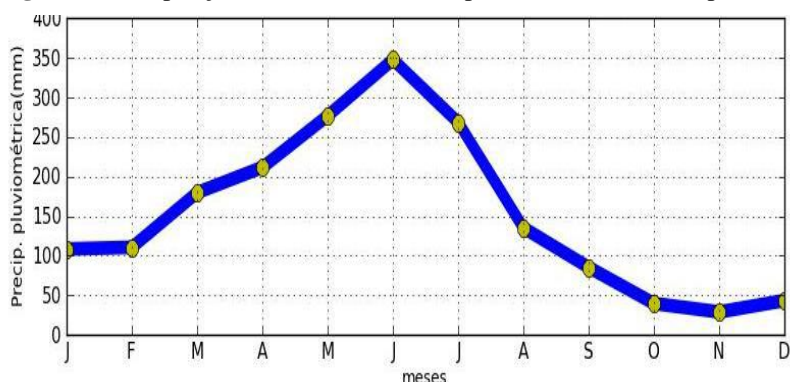
2.6 Cálculo da eficiência hídrica

Segundo Lima (2010) a eficiência hídrica deve ser calculada por meio da razão entre a estimativa de consumo e a capacidade de utilização. Será realizado o cálculo da eficiência da unidade acadêmica pela quantidade de água não potável necessária versus a disponibilidade de água de reuso de estação de tratamento de efluente e de aproveitamento de captação de água de chuvas.

3. Resultados e Discussão

Na Figura 4 tem-se a análise dos resultados pluviométricos do período 1987 a 2017 (30 anos) para a área de estudo com pico máximo no mês de junho e os picos de mínimos ocorrendo entre outubro a dezembro. Nos meses de março a maio destacam-se aumentos significativos entre meses e entre julho a setembro reduções nos índices pluviométricos.

Figura 4. Precipitações médias mensais no período de 1987-2017 para a UACSA.



Fonte: Autores (2018).

Na Tabela 3 tem-se a distribuição pluvial histórica mensal do período de 1987-2017 para a área de estudo. Com total anual de 1.863,3 mm, o quadrimestre chuvoso ocorre entre os meses de abril a julho. O quadrimestre seco ocorre entre os meses de setembro a dezembro.

Tabela 3. Precipitações (mm) médias mensais no período de 1987-2017 para a UACSA.

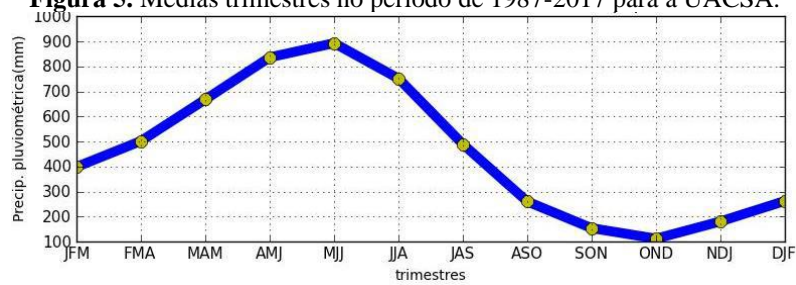
Meses	Precipitações (mm)
Janeiro	108,5
Fevereiro	110,6
Março	179,8
Abril	211,7
Mai	276,9
Junho	374,9
Julho	268,5
Agosto	135,2
Setembro	85,3
Outubro	39,6
Novembro	28,9
Dezembro	43,4
Anual	1.863,3

Fonte: Autores (2018).

Estas variabilidades pluviais estão em conformidade com os estudos de Medeiros *et al.* (2021) e Holanda *et al.* (2022).

A precipitação anual é de 1.863,3 mm, com trimestre chuvoso ocorrendo nos meses de maio, junho e julho (Figura 5), representa 49,1% do seu total anual. No trimestre seco (setembro, outubro e novembro) os índices pluviais não ultrapassam os 110 mm, totalizando 9% do valor anual precipitável. Nos meses de fevereiro, março e abril registram-se chuvas fluindo entre 110 a 210 mm. Os meses de dezembro e janeiro ocorrem chuvas de moderado a fortes intensidades e com curto intervalo de tempo. Os estudos de Holanda *et al.* (2021a) e Medeiros *et al.* (2021) corroboram com as discussões apresentadas.

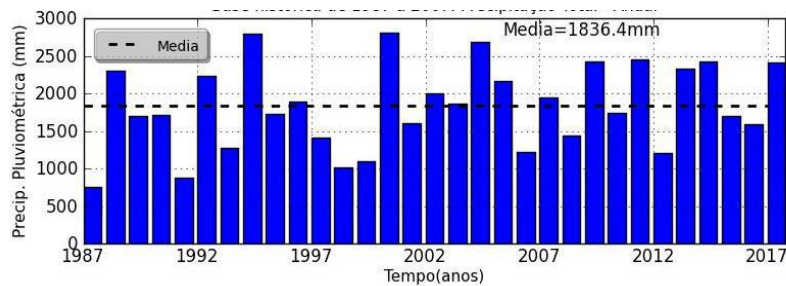
Figura 5. Médias trimestres no período de 1987-2017 para a UACSA.



Fonte: Autores (2018).

Na Figura 6 observam-se quatro anos com chuva próximo à média, dêsseis anos com precipitação abaixo da média e 11 anos com chuvas superiores a média. Destaca-se os anos de 1994, 2000, 2004 com índices pluviométricos superiores à média. Os anos de 1987, 1991, 1998 e 1999 registram-se índices pluviométricos inferiores a 1000 mm. Estas flutuações de reduções poderão estar relacionadas às variabilidades dos fenômenos de larga escala e regional atuantes nos respectivos anos. O estudo de Holanda *et al.* (2021b) corroboram com as discussões apresentadas.

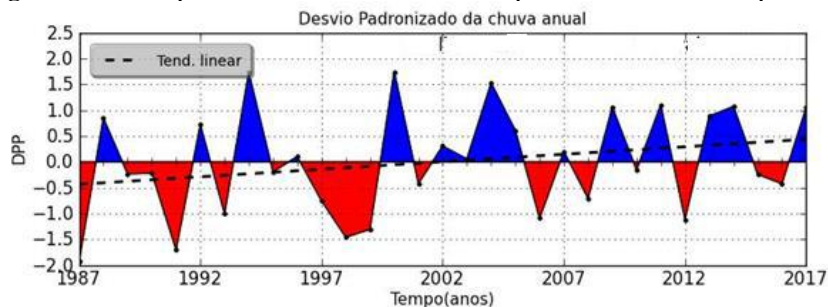
Figura 6. Precipitação anual do período de 1987-2017 para a UACSA.



Fonte: Autores (2018).

Na Figura 7 tem-se a variabilidade do desvio padronizado da chuva anual. Observa-se que na reta de tendência tem-se um acréscimo crescente a partir de 2002, e os desvios padronizados são de área diferenciada e intercalados entre positivos e negativos. Destacam-se os anos de 1991, de 1996 a 1999, 2006, 2012 como os de maiores desvios negativos com oscilações de -0,4 a -1,8 mm. Os anos de 1994, 2000, 2004, 2009, 2011, 2014 e 2017 com maiores desvios padronizados positivos o que podem estar contribuindo para um aumento gradual no volume pluviométrico.

Figura 7. Desvio padronizado da chuva anual no período de 1987-2017 para a UACSA.



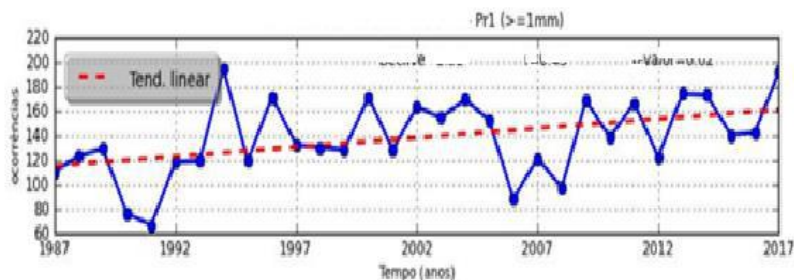
Fonte: Autores (2018).

Estas oscilações de desvios positivos e negativos na área de estudos estão interligadas aos fatores provocadores de chuvas e suas oscilações e distribuições irregulares conforme afirmam Marengo *et al.*, (2015) e Marengo *et al.*, (2017).

Nas Figuras 8, 9 e 10 tem-se as oscilações pluviais e suas retas de tendências para 1 mm (5), 10 mm (6) e 20 mm (7) da área de estudo. As variabilidades dos índices pluvial superior a 1 mm e sua reta de tendência (Figura 5). Observa-se flutuações interanuais oscilando entre 60 mm 190 mm, salienta-se que a variabilidade de 1 mm demonstra uma tendência positivas a ocorrências de chuvas futuras. Estes incrementos interanuais estão ligados aos efeitos locais e regionais de acordo com Marengo *et al.* (2015).

Estas flutuações inferiores aos 100 mm são ocasionadas pelos bloqueios atmosféricos e dos fatores locais e regionais reduzindo as taxas pluviais.

Figura 8. Análise e tendência das precipitações maiores de 1mmno período de 1987-2017 para a UACSA.

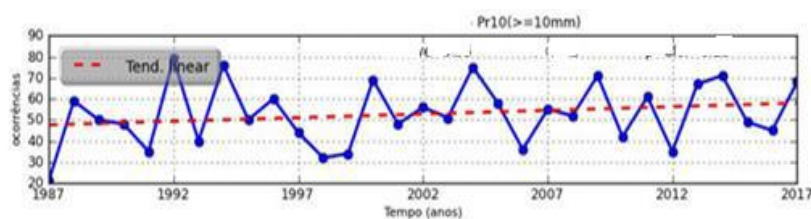


Fonte: Autores (2018).

Na Figura 9 observa-se a variabilidade da precipitação superior a 10 mm observa-se uma tendência crescente nos incrementos pluviais. As oscilações fluem entre 20 a 80 mm. Estes incrementos interanuais podem estar interligados aos efeitos locais e regionais de acordo com Marengo *et al.* (2017) e Holanda *et al.* (2021b).

Na UACSA as contribuições pluviais iguais ou acima dos 10 mm traz boa perspectiva de armazenamento de água, para tanto se tem que ter todos os seus sistemas limpos e operantes.

Figura 9. Análise e tendência das precipitações maiores de 10 mm no período de 1987-2017 para a UACSA.

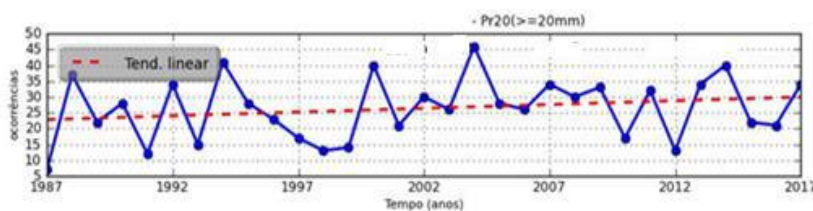


Fonte: Autores (2018).

O emprego da captação da água das chuvas como água não potável é praticado nos países: Estados Unidos, Alemanha, Austrália e Japão, ainda não muito utilizado no Brasil, no qual se observa essa prática em alguns municípios do Nordeste como suprimento de água para o consumo humano e animal (May, 2004).

Para a tendência das precipitações maiores de 20 mm no período de 1987-2017 para a UACSA (Figura10) com flutuações interanuais de 5 a 45 mm e com tendência de reta positiva registram-se oscilações irregulares e estreitas indicando possibilidade de não ocorrências deste evento continuamente.

Figura 10. Análise e tendência das precipitações maiores de 20 mm no período de 1987-2017 para a UACSA.



Fonte: Autores (2018).

3.1 Cálculo do consumo de água

Por tomada de decisão da UFRPE, a unidade será construída em etapas, a etapa 1, contemplará 25% da população estimada. Porém o prédio de residência poderá ser ocupado em sua integridade logo na primeira etapa, como também a população de funcionários e prestadores de serviços estimados para etapa 1 (Tabela 4). A quantidade de alunos total é de 3.600, sendo 700 com opção de dormitórios.

Tabela 4. Contribuição para a primeira etapa de operação da UACSA.

Tipo de contribuição	Quantidade	Contribuição (L/dia)	Total (L/dia)
Alunos externatos	3.600	50,00	180.000,00
Alunos internatos	700	100,00	70.000,00
Func. e prestadores de serviço	700	50,00	35.000,00
Vazão Total (L/dia)			285.000,00

Legenda: Func. – Funcionários. Fonte: Autores (2018).

Para os meses de férias considerou-se atividade em 25% (janeiro e julho) para os meses que antecedem as férias em 50% (dezembro e junho). Para o cálculo do consumo de água limpa considerou-se 22 dias úteis e 8 dias de fim de semana (50% do público), e assim foi reconhecido o consumo de 71.250,00m³ anuais (Tabela 5).

Tabela 5. Consumo estimado mensal de água total.

Meses	Atividade do mês	Dias úteis	Dias de fim de semana (50%)	Consumo mensal útil (m ³)	Consumo mensal considerado (m ³)
Janeiro	25%	23	8	7.695	1.923,75
Fevereiro	100%	20	8	6.840	6.840,00
Março	100%	23	8	7.695	7.695,00
Abril	100%	22	8	7.410	7.410,00
Mai	100%	23	8	7.695	7.695,00
Junho	50%	22	8	7.410	3.705,00
Julho	25%	23	8	7.695	1.923,75
Agosto	100%	23	8	7.695	7.695,00
Setembro	100%	22	8	7.410	7.410,00
Outubro	100%	23	8	7.695	7.695,00
Novembro	100%	22	8	7.410	7.410,00
Dezembro	50%	23	8	7.695	3.847,50
Total					71.250,00

Fonte: Autores (2018).

3.2 Cálculo de estimativa de consumo de água de reuso ou de reaproveitamento e uso descargas sanitárias

Estimativa de emprego água de reuso para a finalidade de descargas de vasos sanitários, com descarga máxima de 6 litros, com 7 descargas *per capita* (Alves, 2015), considerando que todos os alunos utilizem o maior fluxo. Alcançando 180 m³/dia, que representa 63,15% do consumo de água potável (Tabela 6).

Tabela 6. Estimativa de necessidade de reuso.

Informações	Vaso sanitário (687 unidades)
Quantidade de alunos e funcionários	4.300
Vazão da válvula de descarga	6 litros
Número de descargas por dia	7 descargas/dias
Consumo diário	180 m ³ /dia

Fonte: Autores (2018).

O consumo mensal de descarga considerado chegou ao total de 45.000 m³ (Tabela 7). Kammers e Ghisi (2006) apresentaram como principal consumo para os vasos sanitários e mictórios em 77% do consumo total, para fins não potáveis. Alves (2015) afirma que as atividades para as quais não é necessária a utilização de água potável representa 48% dos gastos relativos ao consumo de água em edifícios.

Tabela 7. Volume de descargas.

Meses	Atividade do mês	Dias úteis	Dias de fim de semana	Consumo mensal de descargas útil (m ³)	Consumo mensal de descarga considerado (m ³)
Janeiro	25%	23	8	4.860	1.215,00
Fevereiro	100%	20	8	4.320	4.320,00
Março	100%	23	8	4.860	4.860,00
Abril	100%	22	8	4.680	4.680,00
Mai	100%	23	8	4.860	4.860,00
Junho	50%	22	8	4.680	2.340,00
Julho	25%	23	8	4.860	1.215,00
Agosto	100%	23	8	4.860	4.860,00
Setembro	100%	22	8	4.680	4.680,00
Outubro	100%	23	8	4.860	4.860,00
Novembro	100%	22	8	4.680	4.680,00
Dezembro	50%	23	8	4.860	2.430,00
Total					45.000,00

Fonte: Autores (2018).

3.3 Cálculo da produção de água de reuso da Estação de Tratamento de Efluente (ETE)

Segundo projeto da WESA (UFRPE, 2017), a ETE tem eficiência para reuso de 80%, sendo possível uma produção de 57.000 m³ de água para fins não potável (Tabela 8).

Tabela 8. Geração de água de reuso pela ETE.

Meses	Consumo mensal considerado (m ³)	Capacidade da ETE (80%) (m ³)
Janeiro	1.923,75	1.539,00
Fevereiro	6.840,00	5.472,00
Março	7.695,00	6.156,00
Abril	7.410,00	5.928,00
Mai	7.695,00	6.156,00
Junho	3.705,00	2.964,00
Julho	1.923,75	1.539,00
Agosto	7.695,00	6.156,00
Setembro	7.410,00	5.928,00
Outubro	7.695,00	6.156,00
Novembro	7.410,00	5.928,00
Dezembro	3.847,50	3.078,00
Total	71.250,00	57.000,00

Fonte: Autores (2018).

3.4 Área de cobertura para captação de águas pluviais

As áreas de cobertura das edificações foram calculadas por meio de cálculo das projeções do prédio em planta (Tabela 9) de 11 prédios com coberturas com capacidade de captação. Ainda, para o dimensionamento da capacidade de reserva considera-se o tipo e inclinação do telhado (Oliveira, 2017).

Tabela 9. Áreas de cobertura das edificações.

Prédio	Tipo de cobertura	Área da cobertura %	Escoamento
1. Administrativo	Cimentado	674,00	0,90
2. Espaço vivência	Metálica	905,00	0,90
3. Residência estudantil I	Cimentado	908,00	0,90
4. Residência estudantil II	Cimentado	908,00	0,90
5. Núcleo de Inovação	Cimentado	388,00	0,90
6. Sala dos professores	Cimentado	801,00	0,90
7. Sala de aula	Cimentado	2.805,00	0,90
8. Laboratório sujos	Cimentado	1.949,00	0,90
9. Restaurante	Cimentado	2.371,00	0,90
10. Biblioteca	Cimentado	2.285,00	0,90
11. Oficina e Almojarifado	Cimentado	3.631,00	0,90
Total (m ³)		17.625,00	

Fonte: Autores (2018).

3.5 Cálculo da eficiência hídrica

Total do consumo por mês para a UACSA de 88.230 m³ por ano, dividido ao longo dos meses, como maior consumo máximo mensal de na ordem de 9,5 mil m³ nos meses de fevereiro a maio, agosto a novembro (Tabela 10).

Tabela 10. Consumo de água total.

Meses	Consumo mensal considerado (m ³)	Irrigação (m ³)	Consumo total (m ³)
Janeiro	1.923,75	1.560,00	3.483,75
Fevereiro	6.840,00	1.560,00	8.400,00
Março	7.695,00	1.380,00	9.075,00
Abril	7.410,00	1.200,00	8.610,00
Mai	7.695,00	1.020,00	8.715,00
Junho	3.705,00	840,00	4.545,00
Julho	1.923,75	1.140,00	3.063,75
Agosto	7.695,00	1.440,00	9.135,00
Setembro	7.410,00	1.560,00	8.970,00
Outubro	7.695,00	1.740,00	9.435,00
Novembro	7.410,00	1.740,00	9.150,00
Dezembro	3.847,50	1.800,00	5.647,50
Total	71.250,00	16.980,00	88.230,00

Fonte: Autores (2018).

As águas de reuso calculadas nesse estudo foram da água da estação de tratamento do efluente e da captação de água da chuva. A água de reuso de efluente com estação de 80% de eficiência que tem capacidade de suprir a necessidade das descargas em 100%, visto que 86.556,60 m³ proporciona uma estimativa diária de 240 m³/dia maior que 180 m³/dia, e também se aproxima de 285 m³/dia que é o consumo total estimado sem irrigação, porém não em virtude das definições legais essa água de captação e reuso só podem ser utilizadas para fins não potáveis (Tabela 11).

Tabela 11. Volume de água de reuso e aproveitamento captada.

Meses	Reuso da ETE (m ³)	Captação precipitação (m ³)	Total (m ³)
Janeiro	1.539,00	1.721,08	3.260,08
Fevereiro	5.472,00	1.754,39	7.226,39
Março	6.156,00	2.852,08	9.008,08
Abril	5.928,00	3.358,09	9.286,09
Mai	6.156,00	4.392,33	10.548,33
Junho	2.964,00	5.946,85	8.910,85
Julho	1.539,00	4.259,08	5.798,08
Agosto	6.156,00	2.144,61	8.300,61
Setembro	5.928,00	1.353,07	7.281,07
Outubro	6.156,00	628,16	6.784,16
Novembro	5.928,00	458,43	6.386,43
Dezembro	3.078,00	688,43	3.766,43
Total	57.000,00	29.556,60	86.556,60

Fonte: Autores (2018).

Para o cálculo do balanço entre as águas de reúso e aproveitamento produzidas (reúso pela ETE e pela captação da água da chuva) realizou-se um comparativo com a quantidade de água necessária para os fins não-potáveis (descargas e irrigação) (Tabela 12). Considerando que a capacidade de captação e de reúso da ETE foi de 88.230 m³ e a necessidade para fins não-potáveis é de 61.980m³ pode-se perceber uma possível eficiência hídrica.

Tabela 12. Volume de águas não-potáveis.

Meses	Parcela das descargas (m ³)	Irrigação (m ³)	Total (m ³)
Janeiro	1.215,00	1.560,00	2.775,00
Fevereiro	4.320,00	1.560,00	5.880,00
Março	4.860,00	1.380,00	6.240,00
Abril	4.680,00	1.200,00	5.880,00
Maió	4.860,00	1.020,00	5.880,00
Junho	2.340,00	840,00	3.180,00
Julho	1.215,00	1.140,00	2.355,00
Agosto	4.860,00	1.440,00	6.300,00
Setembro	4.680,00	1.560,00	6.240,00
Outubro	4.860,00	1.740,00	6.600,00
Novembro	4.680,00	1.740,00	6.420,00
Dezembro	2.430,00	1.800,00	4.230,00
Total	45.000,00	16.980,00	61.980,00

Fonte: Autores (2018).

4. Considerações Finais

As precipitações no município do Cabo de Santo Agostinho foram consideradas elevadas, com média ao longo de 1987 a 2017 de 1.836,4mm, com meses mais chuvosos em maio, junho e julho e mês com chuvas escassas de setembro a dezembro.

Os cálculos das precipitações foram de suma importância para a estimativa de consumo na irrigação, visto que os dias com precipitações reduzem o consumo de saída dos reservatórios.

O consumo das descargas é de 63,15% do consumo total da unidade, e para essa finalidade a água da estação de tratamento pode supri-la, visto que a eficiência da estação de tratamento de efluente é de 80%. A quantidade de área verde da unidade faz o consumo de águas não potáveis alcançar valores que necessita o consumo de água potável.

A eficiência hídrica para fins não potável é de 100% para as águas de reúso e suas aplicações legais. Observou-se que a eficiência hídrica foi alcançada todos os meses, embora que novembro e dezembro só foram eficientes devido aos armazenamentos dos meses anteriores, uma vez que esses são os meses chuvosos, confirmando que a captação das águas da chuva é fundamental para a eficiência hídrica em edificações. Outro fator observado como fundamental é a capacidade de armazenamento dos reservatórios.

Observa-se a importância de equipamentos de controle e de dispositivos redutores de consumo como forma do alcance da eficiência hídrica. Os índices de eficiência hídrica podem ser utilizados como monitoramento do desempenho da unidade acadêmica na gestão e controle dos recursos hídricos, uma vez que a maior economia da água do reúso é a redução do consumo de água potável.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT]. (1989). *NBR 10.844: Instalações prediais de águas pluviais*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT]. (2007). *NBR 15.527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Alves, M. E. P. (2015). *Eficiência Hídrica em Edifícios*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Especialização em construções). Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- Assis, H. M. B. (1999). Cartografia geomorfológica do Município do Cabo de Santo Agostinho/PE. *Recife: CPRM/FIDEM*, 32.
- Baptista Junior, J. V., & Romanel, C. (2013). Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 5, 27-37.
- Instrução Normativa n. 01, de 19 de janeiro de 2010* (2010). Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A81881F7595543501762A30FA9A2BA7>.
- Lei nº 12.462, de 4 de agosto de 2011* (2011). Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC. Brasília, 2011. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112462.htm
- Brasileiro, L. L., & Matos, J. M. E. (2015). Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. *Cerâmica*, 61, 178-189.
- Conselho Brasileiro de Construção Sustentável [CBCS]. (2014). *Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas*. Disponível em: http://www.cbcs.org.br/_5dotsystem/userfiles/mma-pnma/aspectos%20da%20construcao%20sustentavel%20no%20brasil%20e%20promocao%20de%20politicas%20publicas.pdf.
- Chueke, D. A. (2016). *Estudo dos impactos em edificações gerados por ações de sustentabilidade implantadas por ocasião da construção*. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Credter, H. (2006). Instalações hidráulicas e sanitárias. In *Instalações hidráulicas e sanitárias* (pp. 423-423).
- Deca. (2017). Ficha técnica: *Válvula de descarga*. https://produtos.deca.com.br/2550.E.114.BE/fichaTecnica/ficha_tecnica_1659632291199_2550.E.114.BE.pdf
- Degani, C. M., & Cardoso, F. F. (2002). *A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico*. São Paulo: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Holanda, R. M., Medeiros, R. M., França, M. V., Marcelo, L., Saboya, F., Cunha Filho, M., & Araújo, W. R. (2022). Impacts and variability on the urban climate of Recife – Pernambuco, Brazil. *International Journal of Science and Research Archive*, 5(2), 217-219.
- Holanda, R. M., Medeiros, R. M., Araújo, W. R., Neto, F. C. R., Saboya, L. M. F., & França, M. V. (2021a). Balanço Hídrico da Área da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho – PE, Brasil. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 2(9), e29748-e29748.
- Holanda, R. M., Medeiros, R. M., Saboya, L. M. F., França, M. V., Neto, F. C. R., Araújo, W. R., & Pereira, M. L. F. (2021b). Flutuações Pluviais em Cabo de Santo Agostinho – Pernambuco, Brasil. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar*, 2(5), e25316-e25316.
- Kammers, P. C. & Ghisi, E. (2006). Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, 6(1), 75-90.
- Lima, R. M. A. (2010). *Gestão da água em edificações: utilização de aparelhos economizadores, aproveitamento de água pluvial e reuso de água cinza*. Monografia (Especialização em Construção Civil). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Köppen, W., & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. *Wall-map 150cmx200cm*, 91-102.
- Marengo, J. A., Alves, L. M., Beserra, E. A. & Lacerda, F. F. (2015). Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. ISBN 978-85-64265-01-1. INSA. 303 – 422.
- Marengo, J. A., Schaeffer, R., Zee, D., & Pinto, H. S. (2017). *Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil*. 2010.
- Marinoski, A. K., & Ghisi, E. (2018). Avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitação de baixo padrão: estudo de caso em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, 18, 423-443.

- May, S. (2004). *Estudo da viabilidade do aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificações*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Medeiros, R. M.; Saboya, L. M. F.; Araújo, W. R.; Rolim Neto, F. C.; Holanda, R. M.; França, M. V. (2021). Pluvial Floatings in the State of Pernambuco – Brazil. *International Journal of Research and Methodology*. 17, 243 – 261.
- Medeiros, R. M. (2018). *Relatório de precipitação e evapotranspiração da Cabo de Santo Agostinho*. Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Medeiros, R. M. (2017). *Fatores causadores e/ou inibidores de precipitação no Estado de Pernambuco*.
- Medeiros, Z., Alves, A., Brito, J. A., Borba, L., Santos, Z., Costa, J. P., & Netto, M. J. E. (2006). The present situation regarding lymphatic filariasis in Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, Northeast Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 48, 263-267.
- Oliveira, J. T. (2017). *Diretrizes para implantação de sistema de captação de águas pluviais pelas indústrias cerâmicas no agreste pernambucano*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental, Área de concentração: Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos). Programa de Pós-graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo [SABESP]. (2003). *Estudo de casos em São Paulo*. http://site.sabesp.com.br/site/uploads/File/asabesp_doctos/apresentacao_copasa.pdf.
- Salvador, M. A. (2017). Climap. Aplicativo para análise de dados climáticos – versão 3. *Revista Brasileira de Climatologia*, 20, 2237-8642.
- Silva, W. P. (2013). *Critérios de sustentabilidade para contratações de obras na administração pública*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção, Área de concentração: Gestão Industrial). Programa de Pós-graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.
- UFRPE. (2013). Universidade Federal Rural de Pernambuco. *Edital de licitação do Regime Diferencial de Contratação nº 01/2013*.
- UFRPE. (2017). Universidade Federal Rural de Pernambuco. *Projeto de Estação de Tratamento de Efluente (ETE)*, Prancha 1/1. Projetista: WESA Consultores Associados.